

O FENÔMENO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL E A EROSIVIDADE DAS CHUVAS EM SANTA MARIA, RS.

GIZELLI M. DE PAULA¹, NEREU A. STRECK², ALENCAR J. ZANON³, FLÁVIO L. F. ELTZ⁴, ARNO B. HELDWEIN⁵ SIMONE E. T. FERRAZ⁶

¹ Estudante de doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: gizellidepaula@gmail.com. Av. Roraima 1000 CEP 97105-900 Santa Maria (RS) ² Professor do Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM. E-mail: nstreck2@yahoo.com.br, ³ Aluno de graduação em Agronomia, UFSM. E-mail: alencarzanon@yahoo.com.br, ⁴ Professor, Departamento de Solos, CCR, UFSM. E-mail: flavioeltz@gmail.com, ⁵ Professor, Departamento de Fitotecnia, CCR, UFS. E-mail: heldwein@ccr.ufsm.br, ⁶ Professora, Departamento de Física, UFSM. E-mail: simonefe@smail.ufsm.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Belo Horizonte, MG

RESUMO: O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) afeta o tempo e o clima de diferentes locais, influenciando os elementos meteorológicos, principalmente a chuva, nas diferentes regiões do Brasil. A frequência, a intensidade e a quantidade das chuvas são afetadas pelo ENOS. Essas características são importantes para a definição das chuvas erosivas. Entre os métodos de determinação da erosividade das chuvas, o índice de erosividade EI₃₀ é o mais usado no Rio Grande do Sul (RS). O objetivo deste trabalho foi determinar e associar o índice EI₃₀ com o fenômeno ENOS para Santa Maria, RS. Usaram-se os dados diários de chuva retirados de pluviogramas a partir de 01 de julho de 1978 a 30 de junho de 2008 e classificados em anos de El Niño, La Niña e Neutros, posteriormente calculado o seu índice EI₃₀. Foi realizada a análise de correlação de Pearson e análise de regressão entre o EI₃₀ e o Índice Oceânico do Niño (ION). O potencial erosivo das chuvas em Santa Maria é afetado pelo fenômeno ENOS, de modo que um maior número de chuvas tem maior potencial erosivo em anos de El Niño e em anos Neutros. A capacidade preditiva do potencial erosivo das chuvas em Santa Maria pelo Índice ION é fraca ou inexistente.

PALAVRA CHAVE: índice de erosividade; ENOS; potencial erosivo.

THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILATION AND THE RAINFALL EROSIVITY IN SANTA MARIA, RS

ABSTRACT: The El Niño Southern Oscillation (ENSO) affects the weather and the climate of different locations, mainly rainfall, in all regions of Brazil. Frequency, intensity and amount of rainfall are affected by ENSO. These properties are important to define erosive rainfall events. Among the methods to determine rainfall erosivity, the EI₃₀ erosivity index is mostly used in Rio Grande do Sul State. The objective of this study was to determine and associate the EI₃₀ erosivity index with the ENSO phenomenon in Santa Maria, RS, Brazil. Daily rainfall data recorded from 01 July 1978 to 30 July 2008 were grouped into El Niño, La Niña and Neutral years, and had their EI₃₀ calculated. Pearson correlation and regression analysis between the EI₃₀ erosivity index and the Niño Oceanic Index (NOI) were performed. Rainfall erosion potential in Santa Maria is affected by ENSO, so that a greater number of rainfall events have higher erosion potential during El Niño and neutral years. The predictive capability of the erosion potential of rainfall events in Santa Maria from NOI index is weak or not possible.

KEYWORDS: erosivity index; ENSO; erosion potential.

INTRODUÇÃO: Um dos fenômenos de grande escala que mais afetam o tempo e o clima de diferentes locais do globo terrestre é o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS se caracteriza por alterações ou anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Pacífico Equatorial, próximo à Costa Oeste da América do Sul. A condição normal de TSM denomina-se de ano Neutro, anos de El Niño a anomalia de TSM é positiva, enquanto a La Niña é quando a anomalia de TSM é negativa (Grimm et al., 1998; Berlato & Fontana, 2003). O fenômeno ENOS afeta a chuva nas diferentes regiões do Brasil, alterando a frequência, a intensidade, a quantidade e o potencial erosivo (Fontana & Berlato, 1997; Grimm et al., 1998). O potencial erosivo das chuvas pode ser quantificado através do índice de erosividade das chuvas, chamado de EI_{30} (Wischmeier, 1959). O EI_{30} é um índice adequado para as condições do Rio Grande do Sul, por ter uma boa correlação linear entre a energia cinética e perdas de solo (Morais et al., 1988). É importante associar o EI_{30} com o fenômeno ENOS, visando determinar as épocas para o manejo do solo e o tipo de manejo em anos que ocorrem o fenômeno, visando minimizar os impactos negativos da variabilidade climática. Na literatura são escassos os trabalhos que associem índices de erosividade das chuvas com períodos em que há sinal do fenômeno ENOS em Santa Maria, constituindo a motivação para a realização desse trabalho. O objetivo deste foi determinar e associar o índice de erosividade EI_{30} com o fenômeno ENOS para Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS: O local do estudo foi Santa Maria, localizada na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. O elemento meteorológico usado neste estudo, foi a chuva, registrada em pluviogramas por um pluviógrafo instalado na Estação Climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia - 8º Distrito de Meteorologia, localizada no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95m). Usaram-se os dados de chuva retirados de forma seqüencial de cada pluviograma diário no período de 01 de julho de 1979 a 30 de junho de 2008. As chuvas individuais e erosivas foram identificadas nos pluviogramas e de cada segmento de intensidade uniforme de chuva (mesma declividade do registro da chuva no pluviograma) foi retirado o tempo em horas e minutos (00h: 00') e a altura da chuva em milímetros (mm), conforme metodologia de Cabeda, 1976. Para cada segmento de intensidade uniforme calculou-se a energia cinética, conforme Wischmeier & Smith (1978) e as unidades foram transformadas para o sistema internacional, segundo Foster et al., (1981): $EC = 0,119 + 0,0873 \log_{10} I$, em que EC é a energia cinética ($MJ ha^{-1} mm^{-1}$) do segmento de chuva e I é a intensidade do segmento de chuva ($mm h^{-1}$). O índice de erosividade das chuvas (EI_{30}) representa o produto da energia cinética total da chuva pela intensidade máxima, em $mm h^{-1}$, calculada com base na quantidade máxima durante 30 minutos contínuos de chuva (Wischmeier, 1959; Morais et al., 1988) pela equação: $EI_{30} = EC_T I_{30}$, em que EI_{30} é o índice de erosividade das chuvas ($MJ mm ha^{-1} h^{-1}$), EC_T é a energia cinética total ($MJ ha^{-1}$) (somatório da EC) e I_{30} ($mm h^{-1}$) é a intensidade máxima em trinta minutos. Calculou-se o EI_{30} diário, mensal e anual com o programa CHUVEROS 2, com algoritmo implementado em FORTRAN pelo professor Elemar Cassol, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As chuvas erosivas foram classificadas em anos de El Niño (EN), La Niña (LN) e Neutros (N), considerando-se o período de 01 de julho do ano até 30 de junho do ano seguinte, já que o fenômeno ENOS geralmente inicia no segundo semestre de um ano e termina no primeiro semestre do ano seguinte (Grimm et al., 1998; Berlato & Fontana, 2003). Os anos de ocorrência e duração dos eventos El Niño e La Niña, assim como valores do Índice Oceânico do Niño (ION), foram retirados de NOAA (2008). Dos 30 anos analisados (1978 a 2008), seis anos (78/79, 81/82, 82/83, 83/84, 94/95 e 95/96) não foram usados no trabalho, por problemas nos pluviogramas. Nos 24 anos restantes, sete anos foram

de El Niño, seis anos de La Niña e 11 anos Neutros e o número de chuvas erosivas destes 24 anos foram 338 chuvas nos anos de El Niño, 257 chuvas nos anos de La Niña e 460 chuvas nos anos Neutros, totalizando 1055 chuvas erosivas. Calcularam-se as estatísticas descritivas total, média, maior valor absoluto, desvio padrão e coeficiente de variação do EI_{30} para anos de El Niño, La Niña e Neutros. Foi realizada também a análise de correlação de Pearson e análise de regressão entre o EI_{30} e o ION e a significância da regressão foi testada com o teste t de Student, com o objetivo de quantificar a associação entre as duas variáveis, com vistas a uma possível previsibilidade do potencial erosivo das chuvas a partir de anomalias de TSM no Oceano Pacífico. Com base no coeficiente de correlação (r), considerou-se como correlação fraca quando $r \leq 0,5$, correlação média quando $0,5 < r < 0,75$ e correlação forte quando $r \geq 0,75$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Dos sete eventos de El Niño, o de 2002/2003, classificado como intensidade moderada, foi o que teve o maior EI_{30} acumulado anual (16115,15 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e o maior EI_{30} médio anual de chuvas individuais (219,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) (Tabela 1). O El Niño de intensidade forte (1997/1998) teve o segundo maior EI_{30} acumulado anual (12425 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹). Esperava-se que o El Niño de intensidade forte tivesse o maior EI_{30} acumulado anual e o motivo de não se confirmar essa expectativa pode ser o fato de não serem sido contabilizadas cinco chuvas devido a problemas nos pluviogramas no ano de 1997/1998. Mas foi o El Niño 1997/1998, o que obteve-se o maior valor absoluto de EI_{30} de chuvas individuais (2586 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), que ocorreu na data 11/04/98, durante a época do repique do fenômeno de acordo com Fontana & Berlato (1997). O ano de menor EI_{30} acumulado anual (5559,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) foi no El Niño de 2004/2005, classificado como de intensidade fraca (Tabela 1). Resultados similares foram encontrados para Jaguarão (RS), onde o potencial erosivo foi maior nos anos de El Niño e no período que vai de novembro a abril (Santos et al., 2006). Nos anos de La Niña, o ano de maior índice EI_{30} anual foi o de 2000/2001, classificado como intensidade fraca, com 11054,4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Esse mesmo evento foi o que apresentou o maior EI_{30} médio anual de chuvas individuais (220,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e o maior valor absoluto (1780,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) de EI_{30} em anos de La Niña, que ocorreu na data 11/12/00. O valor médio anual do EI_{30} é um parâmetro usado na equação universal de perdas de solo, chamado de fator R (Wischmeier & Smith, 1978). Considerando a média dos anos de El Niño, La Niña e Neutro para a variável EI_{30} médio anual, os anos Neutros e de El Niño são os que tiveram a maior média (180,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e 180,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) comparado a La Niña (176,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹). Esses resultados indicam que o potencial erosivo médio das chuvas nos anos Neutros é similar aos anos de anomalia positiva da TSM, apesar do número de chuvas e do total de chuva ser maior nos anos de El Niño. Como anos Neutros são geralmente em maior número, a implicação prática destes resultados é que a preocupação com práticas conservacionistas deve ser uma prioridade constante neste local, mesmo em anos Neutros. Considerando-se a variabilidade do EI_{30} (Tabela 1), constata-se que, em média, nos anos Neutros o coeficiente de variação é maior (153,3%) do que em anos de El Niño (134,4%) e La Niña (130,1%). Os anos Neutros apresentaram também o maior desvio padrão (282,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) seguido de anos de El Niño (278,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e La Niña (226,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹). A maior variabilidade do EI_{30} em anos Neutros pode ser explicada sob o ponto de vista meteorológico, pela variedade de sistemas atmosféricos que causam chuva nesta região, onde ocorrem chuvas frontais e convectivas. Alta variabilidade na quantidade e no potencial erosivo das chuvas é, portanto, uma característica marcante do clima do Rio Grande do Sul. A correlação e a regressão entre o EI_{30} e o ION não foram significativas nas diferentes combinações testadas. Isso significa que uma possível previsão do EI_{30} das chuvas erosivas individuais a partir do ION é difícil ou não é possível, pois

valores similares de EI₃₀ aconteceram com diferentes valores de ION. Esses resultados indicam que o potencial erosivo das chuvas pode estar relacionado a outros padrões espaciais e temporais que afetam o tempo e o clima no Rio Grande do Sul, além do ENOS, como por exemplo, fenômenos de escala temporal rápida como os sistemas frontais e de escala intrasazonal como o Modo Sul (Cera & Ferraz, 2008). Os resultados deste estudo se somam a outras ferramentas e informações que podem ser disponibilizados aos agricultores para reduzir os riscos envolvidos na cadeia produtiva dos diversos agroecossistemas, que pela natureza de suas atividades são altamente dependentes das condições meteorológicas durante o ciclo de desenvolvimento das culturas agrícolas.

CONCLUSÕES: O potencial erosivo das chuvas em Santa Maria é afetado pelo fenômeno ENOS, de modo que um maior número de chuvas tem maior potencial erosivo em anos de El Niño e em anos Neutros. A variabilidade do potencial erosivo das chuvas em Santa Maria é maior nos anos Neutros do que nos anos de anomalia da TSM. A capacidade preditiva do potencial erosivo das chuvas em Santa Maria pelo Índice ION é muito fraca ou inexistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura.** Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2003. 110p.
- CABEDA, M.S.V. **Computation of storm EI values.** West Lafayette: Purdue University, USA, 1976, 6p.
- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variabilidade interdecadal dos eventos chuvosos do Rio Grande do Sul. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira Meteorologia, 2008. CD – ROOM.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997.
- FOSTER, G.R. et al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal Soil and Water Conservation**, n. 36, p. 355-359, 1981.
- GRIMM, A.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, p.2863-2880, 1998.
- MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Relações entre características físicas da chuva e perdas de solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.12, p. 285- 288, 1988.
- NOAA. **ENSO: Cold and warm episodes by season.** Capturado em 20 de setembro de 2008. On line. Disponível na Internet: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/insostuff/ensoyears.shtml.
- SANTOS, C. N.; LAGO, J. C. MOREIRA, A. C. El Niño, La Niña e a Erosividade das Chuvas do Município de Jaguarão-RS. In: XV Congresso De Iniciação Científica Universidade Federal de Pelotas. Ciências Agrárias - **Resumos**, 2006, http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/conteudo_CA.html.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, n. 23, p. 246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.** USDA. Agriculture Handbook, n. 537, 1978, 58p.

Tabela 1 – Estatísticas do Índice de Erosividade EI₃₀ das chuvas individuais erosivas nos anos de ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em Santa Maria, RS, período 1979 - 2008.

Evento e Ano	EI ₃₀ (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)				
	Total ¹	Média ²	Maior valor ³	DP ⁴	CV ⁵ (%)
El Niño					
1986- 1987	8403,3	147,4	1442,3(FEV)	224,2	152,1
1987- 1988	6769,2	188,0	971,4 (DEZ)	226,1	120,2
1991- 1992	5762,7	144,1	818,7 (DEZ)	173,1	120,2
1997- 1998	12425,0	188,8	2586,0 (ABR)	352,8	186,8
2002- 2003	16115,5	219,9	1156,2 (JAN)	255,9	116,4
2004- 2005	5559,5	173,7	1142,0 (ABR)	225,5	129,8
2006- 2007	6753,1	177,7	1050,4 (OUT)	208,9	117,6
La Niña					
1984- 1985	8784,3	179,3	1215,1 (JAN)	220,6	123,1
1988- 1989	6227,1	197,6	990,7 (MAR)	240,3	121,6
1998- 1999	6632,2	165,8	971,1 (JAN)	207,0	124,9
1999- 2000	8839,3	176,8	1065,2 (JAN)	254,3	143,9
2000- 2001	11054,4	220,1	1780,1 (DEZ)	314,9	143,1
2007- 2008	3399,2	99,9	509,1 (SET)	124,0	124,0
Neutro					
1979- 1980	5972,1	497,7	771,5 (OUT)	222,3	145,2
1980- 1981	6554,9	546,2	1788,2 (JAN)	399,6	231,7
1985- 1986	7566,6	687,9	1869 (MAI)	362,8	230,7
1989- 1990	6686,9	557,2	576,4 (FEV)	127,2	96,9
1990- 1991	8727,5	793,4	1595,2 (ABR)	295,5	152,4
1992- 1993	6048,4	504,0	653,1 (MAI)	146,4	108,9
1993- 1994	11340,3	1134,0	2174,9 (MAI)	453,3	138,3
1996- 1997	6428,7	584,4	1222,5 (DEZ)	228,6	149,4
2001- 2002	10448,3	870,7	865,2 (MAR)	230,3	102,5
2003- 2004	7570,4	688,2	1760,2 (MAR)	389,8	164,8
2005- 2006	6032,7	502,7	1197,1 (DEZ)	250,2	165,9

¹Total acumulado anual; ²Média anual das chuvas individuais; ³Maior e menor valor absoluto anual das chuvas individuais erosivas e entre parênteses o mês em que ocorreu; ⁴Desvio Padrão da média anual das chuvas individuais; ⁵Coefficiente de variação da média anual das chuvas individuais.